

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012525259 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1999-331365/ 199928  
XRPX Acc No: N99-249000

Phase shift mask used for pattern transfer during manufacture of semiconductor memory integrated circuit etc., - is formed with patterns whose line width is maintained equal

Patent Assignee: SONY CORP (SONY )  
Number of Countries: 001 Number of Patents: 001  
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 11119411	A	19990430	JP 97286814	A	19971020	199928 B

Priority Applications (No Type Date): JP 97286814 A 19971020

Patent Details:  
Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes  
JP 11119411 A 32 G03F-001/08

Abstract (Basic): JP 11119411 A

NOVELTY - Patterns (3A, 3B) are formed on a transparent base (1). A side wall (4) of the pattern (3A) is formed with a shading film (5) for reducing the waveguide effect. Line width of both the patterns are maintained equal. DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for manufacturing method of phase shift mask.

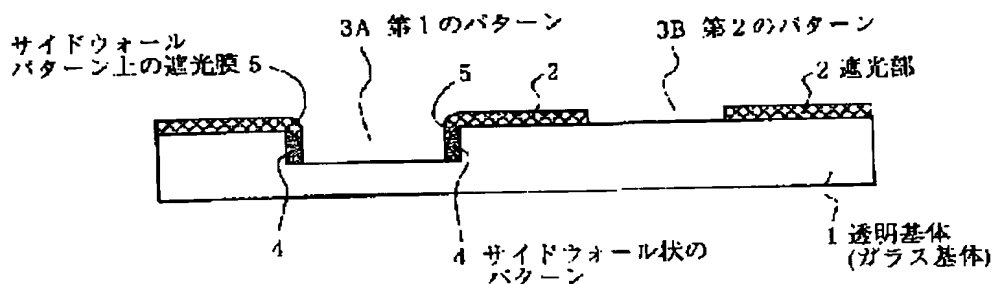
USE - For pattern transfer during manufacture of semiconductor memory integrated circuit (IC), liquid crystal display element, logic operation element, CCD element, memory with logic operation element.

ADVANTAGE - As waveguide effect is reduced satisfactorily by shading film formation, thereby reliable exposure control is achieved irrespective of pattern size. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure depicts cross-sectional view of phase shift mask. (1) Transparent base; (3A, 3B) Patterns; (4) Side wall; (5) Shading film.

Dwg.1/63

C:\Program Files\Dialog\DialogLink\Graphics\4230.bmp

実施の形態例1の位相シフトマスク  
(レジスト除去完成)



Title Terms: PHASE; SHIFT; MASK; PATTERN; TRANSFER; MANUFACTURE;  
SEMICONDUCTOR; MEMORY; INTEGRATE; CIRCUIT; FORMING; PATTERN; LINE; WIDTH;  
MAINTAIN; EQUAL

Derwent Class: P84; U11; U14

International Patent Class (Main): G03F-001/08

International Patent Class (Additional): H01L-021/027

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04E2; U14-K01A5

DIALOG(R)File 347:JAPIO  
(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06177862      \*\*Image available\*\*  
PHASE SHIFTING MASK AND PRODUCTION THEREOF

PUB. NO.:        11-119411 A]  
PUBLISHED:      April 30, 1999 (19990430)  
INVENTOR(s):    SUGAWARA MINORU  
APPLICANT(s):   SONY CORP  
APPL. NO.:      09-286814 [JP 97286814]  
FILED:          October 20, 1997 (19971020)  
INTL CLASS:     G03F-001/08; H01L-021/027

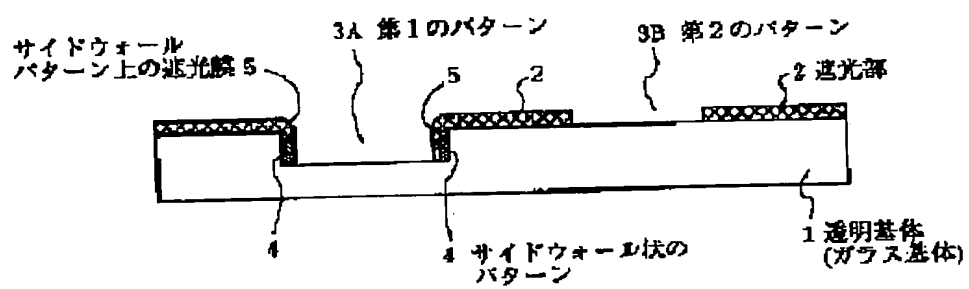
#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate or reduce a waveguide effect with excellent controllability, without depending on the size of a pattern, etc., by forming a sidewall-like pattern on the sidewall of a first pattern formed by digging a substrate.

SOLUTION: Light transmission region of dug part in a glass substrate 1 (first pattern 3A) and not dug part (second pattern 3B) are repeatedly formed. At this time, on the sidewall of the first pattern 3A, the sidewall-like pattern 4 is formed and a light shielding film 5 thereon eliminates or reduces the waveguide effect, because the light shielding film 5 heaped on the sidewall pattern 4 does not diffract transmitted light on the sidewall of the glass substrate 1. Then, the line width of the pattern transferred onto a material to be exposed with light by passing through the first pattern 3A is almost equal to that with the light by passing through the second pattern 3B.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

C:\Program Files\Dialog\DialogLink\Graphics\4391.bmp



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-119411

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

A

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平9-286814

(22) 出願日 平成 9 年(1997)10月20日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 菅原 稔

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内

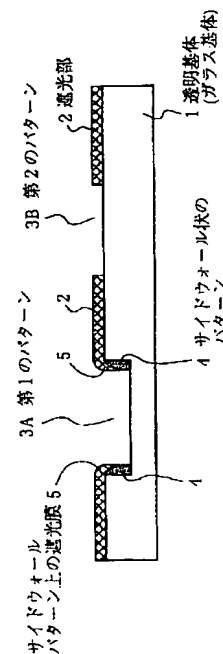
(54) 【発明の名称】 位相シフトマスク及び位相シフトマスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 位相シフトマスクについて、導波路効果を良好に消失もしくは軽減させ得、かつこの効果を、パターンサイズ等に依存せずに、制御制良く得ることも可能にでき、かつ各種洗浄も可能である位相シフトマスク、及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 透明基体 1 を掘り込んでパターンを形成する場合に、透明パターンの側壁に遮光作用を持つサイドウォール 4 を形成し、あるいは側壁が遮光材料からなるようにして、透明部が側壁を有することによる導波路効果を消失もしくは軽減させる。

実施の形態例 1 の位相シフトマスク  
(レジスト除去完成)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光光に対して透明な基体に、遮光膜からなる遮光部と、光透過パターンである第1のパターンと第2のパターンとを形成し、該第1のパターンは基体を掘り込んで形成したものであり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクにおいて、第1のパターンの側壁には、サイドウォール状パターンが形成されており、該サイドウォールパターンもしくはサイドウォールパターン上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとしたことを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項2】 露光光に対して透明な基体を掘り込むことにより第1のパターンを形成する工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程と、基体に遮光膜を形成する工程と、該遮光膜に第2のパターンを形成する工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項3】 露光光に対して透明な基体に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をエッチングしかつ基体を掘り込むことにより第1のパターンを形成する工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程と、遮光膜に第2のパターンを形成する工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴と

する位相シフトマスクの製造方法。

【請求項4】 露光光に対して透明な基体に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をエッチングして第1のパターン及び第2のパターンを同時に形成する工程と、第1のパターンの基体を掘り込む工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項5】 露光光に対して透明な基体に、遮光膜からなる遮光部と、光透過パターンである第2のパターンと第3のパターンとを形成し、遮光部は基体を掘り込んで形成した第1のパターンを用いて形成することにより、パターンの側壁は遮光材料からなるようにしたものであり、第2のパターンを透過した光と、第3のパターンを透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクであって、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項6】 露光光に対して透明な基体を掘り込むことによって第1のパターンを形成する工程と、遮光膜を形成する工程と、該遮光膜を研磨する工程と、第2のパターン及び第3のパターンを形成する工程からなり、該第2のパターンと第3のパターンの少なくともいずれかは遮光膜を加工することにより形成するものであり、第2のパターンを透過した光と、第3のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、位相シフトマスク及び位相シフトマスクの製造方法に関する。本発明は特に、導波路効果を生ぜしめることなくパターン露光が可

能で、かつマスクの洗浄を可能とした位相シフトマスク及びその製造方法を提供するものである。本発明は、マスクの像を被露光材に転写する各種の露光技術に適用でき、たとえば、微細化・集積化した電子材料（半導体装置等）の製造のためのパターン転写に用いる位相シフトマスク及びその製造方法として、好適に使用することができる。

#### 【0002】

【従来の技術】従来より、半導体装置等の電子材料の分野において、パターン転写により各種のパターン形成を行うことが知られている。たとえば、メモリ素子、論理演算素子、CCD素子、LCD素子、メモリ論理演算混載素子等の各種の半導体装置を製造する際のパターン転写工程においては、いわゆるフォトリソグラフィ工程が行われ、ここではフォトマスク上に形成されている回路パターンを被露光材である半導体ウェハ基体に塗布されたレジストに、たとえば紫外から可視領域にかかる波長の光によって転写し、レジストを現像し、所望の回路パターンを形成する。

【0003】近年、半導体装置の微細化に伴い、ウェハ基体上に塗布されたレジストを現像して形成される回路パターンの線幅ないしホール径はますます縮小が要せられ、転写に使用される光の波長よりも小さな線幅ないしホール径の回路パターンが形成されるようになって来ている。

【0004】たとえば、波長248nmの光により、線幅ないしホール径を $0.24\mu\text{m}$ 、もしくはそれを下回る微細状に形成することが要求されている。

【0005】このように極めて微細なパターン形成が要求されるに至っており、このような場合に、たとえば上記のように光の波長よりも小さな線幅ないしホール径の形成が要求される場合に、位相シフトマスクを用いることが検討されている。位相シフトマスクは、解像度や焦点深度を向上させ得る技術として、注目されており、いくつかの種類が知られている。

【0006】たとえば、ライン幅と、スペース幅とが略等しい繰返しパターン（以下、適宜ラインアンドスペースパターンと称することもある）、また、ホール径と、隣合うホールの間隔が略等しいパターン（以下、適宜密ホールパターンと称することもある）のような、密集したパターンに対しては、レベンソン方式の位相シフトマスクが顕著に有効であることが知られている。

【0007】レベンソン方式の位相シフトマスクは、代表的には図55に示すように、遮光膜からなる遮光部2と、透過する光の位相を互いに略180度異ならせて光を透過させる2つの光透過パターン3A、3Bを有し、この位相反転構造を利用して、解像度の高いパターン形成を行うものである。図55の例は、光透過パターン3Aはガラス等の透明基体1（露光光に対して透明）を掘り込んで形成することにより、光透過パターン3Bと位

相を略180度異ならせるようにしている。

【0008】しかしながら、位相シフトマスクは、その2つの光透過パターン3A、3Bが、これらを透過する光の位相を互いに略180度異ならせて光を透過させるものであるため、両者を透過して被露光材に与えられる光の強度が互いに異なることがある。すなわち、図示従来技術にあつては導波効果により、図55の光強度グラフに符号Fa、Fbで示すように、隣り合う光透過領域（パターン3A、3B）を透過した光の光強度は、互いに異なるものとなる。このため、被露光材であるウェハ上に塗布されたレジストに形成されるパターンの幅が、異なったものになってしまう。

【0009】この問題を避けるために、この種の位相シフトマスクについて、図56に示すように、一方の光透過パターン3Aに対し、遮光膜2を庇状に形成し、この遮光膜の庇21により、導波路効果を消失もしくは軽減させるようにすることが提案されている。この構造では、掘り込まれて形成された光透過パターン3Aに、約 $0.10\mu\text{m}$ 程度の庇状に遮光膜を残している。

【0010】この構造は、図57から図63に示す方法で、作製される。図57に示すように、透明（マスクとして使用するときの露光光に対して透明）基体であるガラス基体1上に、クロムにより遮光膜20を形成し、さらに電子線レジスト1aを形成する。図57に、第一の電子線描画予定領域を、符号R11、R12で示す。

【0011】電子線レジスト1aの電子線描画によるパターンニングに従って、領域R11、R12を描画・エッチングし、図58の構造を得る。これにより、遮光膜20がパターンニングされて遮光部2が形成される。レジスト剥離して、図59の構造を得る。

【0012】上記構造に対し、再度電子線レジスト1aを塗布し、その上に帯電防止膜1bを形成し、図60の構造とする。第二の電子線描画予定領域を、符号R2で示す。

【0013】第二の電子線描画を行って、領域R2を描画・エッチングし、図61に示すように、領域R2の基体1を露出させる。基体1のエッチング領域の開口の工程に当たる。

【0014】等方性エッチングを行って、基体1をエッチングする。等方性エッチングであるので、図62のように、エッチングされた上方に、遮光膜2が、庇21の形で残った構造になる。レジストを除去すると、図63の構造が得られる。

【0015】図63の構造のマスクにより露光すると、図56に示すように、領域3Aを透過した光の強度FAと、領域3Bを透過した光の強度FBとは、ほぼ等しくなる。

#### 【0016】

【発明が解決しようとする課題】上記した手法には、次のような問題点がある。すなわち、上記手法では、ガラ

ス基体1をウェットエッチングし、このウェットエッチングで遮光膜2の底21の長さの制御を行っているが、これには、次の難点がある。

【0017】まず、等方性のウェットエッチングを用いているために、ガラス基体1を掘り込んで形成されるパターンの底部は、丸まっている。該丸まりにより、位相が180度の反転からずれるので、パターンの転写特性が劣化する。さらに、遮光膜による底の長さは、ウェットエッチング溶剤、ウェットエッチング時間等により制御は可能ではあるが、線幅ないしはホール径が異なるパターンが混在している場合、該パターンサイズによってエッチング速度が互いに異なるため、底の長さはパターンサイズにより互いに異なってしまう。

【0018】さらに、遮光膜からなる底は、空中に浮いている構造であるために、洗浄工程におけるスクライプ洗浄、超音波洗浄、メガソニック洗浄などによって、簡単にとれてしまい、導波路効果を消失もしくは軽減させる底としての機能が失われてしまう。また、ダストとなって、製造装置を汚染させてしまう。たとえば上記工程で得られた位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライプ洗浄10分の各条件で洗浄テストを行ったところ、いずれにおいても、遮光膜(クロム)の底が剥がれた。よって、洗浄は不可能ということであり、この種の位相シフトマスクは、洗浄することを選ばなければならないことになる。

【0019】さらに、図57ないし63に示した製造工程では、第一の描画工程に対する第二の描画工程の位置ずれ(かかる位置ずれを完全に無くすることはできない)のために、遮光膜(クロム)の底の長さは、左右同一に形成することはできず、よって導波路効果を完全には抑制できず、ガラス基体を掘り込んだパターンと、相隣り合う掘り込まれないパターンとにおいて、光強度のむらが生じる。

【0020】本発明は上記問題点を解決して、位相シフトマスクについて、導波路効果を良好に消失もしくは軽減させ得、かつこの効果を、パターンサイズ等に依存せずに、制御制良く得ることも可能にでき、かつ各種洗浄も可能である位相シフトマスク、及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、以下の発明により、達成される。すなわち、露光光に対して透明な基体に、遮光膜からなる遮光部と、光透過パターンである第1のパターンと第2のパターンとを形成し、該第1のパターンは基体を掘り込んで形成したものであり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクにおいて、第1のパターンの側壁には、サイドウォール状パターンが形成されており、該サイドウォールパターンもしくはサイドウォールパターン上の遮光膜が導波路効果

を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとしたことを特徴とする位相シフトマスクによって、達成される。

【0022】また、露光光に対して透明な基体を掘り込むことにより第1のパターンを形成する工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程と、基体に遮光膜を形成する工程と、該遮光膜に第2のパターンを形成する工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法によって、達成される。

【0023】また、露光光に対して透明な基体に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をエッチングしかつ基体を掘り込むことにより第1のパターンを形成する工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程と、遮光膜に第2のパターンを形成する工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法によって、達成される。

【0024】また、露光光に対して透明な基体に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をエッチングして第1のパターン及び第2のパターンを同時に形成する工程と、第1のパターンの基体を掘り込む工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、

第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法によって、達成される。

【0025】また、露光光に対して透明な基体に、遮光膜からなる遮光部と、光透過パターンである第2のパターンと第3のパターンとを形成し、遮光部は基体を掘り込んで形成した第1のパターンを用いて形成することにより、パターンの側壁は遮光材料からなるようにしたものであり、第2のパターンを透過した光と、第3のパターンを透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクであって、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなることを特徴とする位相シフトマスクによって、達成される。

【0026】また、露光光に対して透明な基体を掘り込むことによって第1のパターンを形成する工程と、遮光膜を形成する工程と、該遮光膜を研磨する工程と、第2のパターン及び第3のパターンを形成する工程からなり、該第2のパターンと第3のパターンの少なくともいずれかは遮光膜を加工することにより形成するものであり、第2のパターンを透過した光と、第3のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法によって、達成される。

【0027】本発明によれば、透明基体を掘り込んで形成されるパターンの側壁にサイドウォールを形成することにより、該サイドウォールパターンによって、そのようなサイドウォールが無い場合においては顕著である透明基体側壁における光の干渉効果を抑制して、導波路効果を消失もしくは軽減せしめることができる。すなわち、該サイドウォールが、遮光作用を有する材料で形成されている場合はそのサイドウォール自体が、該サイドウォールが透明もしくは半透明の材料で形成されている場合にはサイドウォール上の遮光膜が、側壁での光の干渉効果を抑制し、導波路効果を消失もしくは軽減するという作用を示す。

【0028】また、本発明の他の実施の形態によれば、導波路効果をもたらす透明基体のパターン側壁を具備せず、遮光膜のパターン側壁のみを具備させることにより、透明基体の側壁における光の干渉効果を無くし、導波路効果を消失させるという作用を示す。

【0029】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態について

さらに詳細に説明し、また、本発明の好ましい実施の形態の具体例について、図面を参照して説明する。但し当然のことではあるが、本発明は以下述べる実施の形態例に限定されるものではない。

【0030】本発明の実施においては、基体は露光に用いる露光光に対し透明（完全に100%の透過率は要さないが、露光に供し得る程度に透明であればよい）なものをを用いる。代表的には、石英基体である。その他、ガラス等、適宜の材料の基体を用いることができる。

【0031】遮光部を構成する遮光膜の材料は、代表的にはクロムやタングステンであり、あるいはその他の高融点金属や、その化合物を使用することもできる。

【0032】以下、本発明の好ましい実施の形態例について、具体的に詳述する。当然のことではあるが、本発明は以下述べる実施の形態例に限定されるものではない。以下の実施の形態例においては、ラインアンドスペースパターンを例示して説明するが、もちろん、繰り返して配置されるホールパターンにも同様に適用できる。さらには、繰り返しパターンから構成される任意のデバイスパターンにも同様に適用できる。また、描画方法として電子線による方法で例示するが、電子線に限らず、光、レーザービーム、イオンビーム等であってもよい。また、犠牲膜の材料は、以下の例で示すもののほか、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Al}$ 、スピノンガラス等の、各種アモルファスもしくは結晶粒径の小さな無機膜などを用いることができ、さらに、ハードベークされたレジスト等の有機物でもよい。遮光膜を形成するための遮光材料についても、クロム系ないし高融点金属系材料のほか、遮光能のある材料であれば任意であり、例えばその他の金属系材料、各種合金等を適宜選択して用いることができる。なお、以下の実施の形態例において例示されるパターン幅は、5倍レティクル上の寸法で表示されている。

【0033】実施の形態例1

図1に本例に係る位相シフトマスクの構造を示し、図2にその作用を示し、図3ないし図9に、本例の位相シフトマスクの製造工程を示す。

【0034】本例においては、露光光に対して透明な基体を掘り込むことにより第1のパターンを形成する工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程と、基体に遮光膜を形成する工程と、該遮光膜に第2のパターンを形成する工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略180度異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって



被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成する位相シフトマスクの製造方法を、具体化して実施した。

【0035】本例の位相シフトマスクは、図1に示すように、露光光に対して透明な基体1（ここではガラス基体）に、遮光膜からなる遮光部2と、光透過パターンである第1のパターン3Aと第2のパターン3Bとを形成し、該第1のパターン3Aは基体1を掘り込んで形成したものであり、第1のパターン3Aを透過した光と、第2のパターン3Bを透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクにおいて、第1のパターン3Aの側壁には、サイドウォール状パターン4（ここではシリコンナイトライドからなる）が形成されており、該サイドウォールパターン4上の遮光膜5が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターン3Aを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターン3Bを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとした位相シフトマスクである。

【0036】この位相シフトマスクは、図2に示すように、上記サイドウォールパターン4もしくはサイドウォールパターン4上の遮光膜5の作用で、導波路効果を消失もしくは軽減し、第1のパターン3Aを透過した光の光強度FAと、第2のパターン3Bを透過した光の強度FBとは、略等しくなる。この作用については、後記詳述する。

【0037】以下、図3から図9を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。図3に示したように、ガラス基体1に、電子線レジスト1aを、膜厚500nmになるように回転塗布した。この電子線レジスト1a上には、帯電防止膜1bを形成した。次にこの図3に示す工程においては、第一の描画予定領域Iにおけるレジスト1を、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、10kVのものをを用いた。パターンの幅は、1.40 $\mu$ mとした。

【0038】次に図4に示すように、ガラス基体1を、CF<sub>4</sub>ガスからなるエッチングガスを用いた反応性イオンエッチング（RIE）により、深さが269nmになるようにエッチングした。これにより、第1のパターン3Aをガラス基体1を掘り込むことによって、形成した。ここで、269nmの深さは、図1に示した領域3A（第1のパターン3Aの領域）を透過する波長248nmの光の位相と、領域3B（第2のパターン3Bの領域）を透過する波長248nmの光の位相とが、互いに180度異なるように設定されたものである。

【0039】次に図5に示す工程において、犠牲膜6となるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を、300nmの厚さになるように形成した。Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜は、減圧CVDにより、SiH<sub>4</sub>ガスと、NH<sub>3</sub>ガスを原料ガスとして、形成した。反応温度は、略800℃であった。ここで犠牲膜とは、最終

的にはその膜自体は（ここではサイドウォールとして残るが）最終構造に残らない膜を言う。

【0040】次に図6に示す工程において、CF<sub>4</sub>と酸素からなる反応ガスを用いて、犠牲膜6であるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜をエッチバックした。この工程において、ガラス基体1の側壁に形成されたSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜は、300nmよりも厚く形成されるため、エッチバック工程においてもサイドウォールとして残る。ガラス基体パターン底部におけるサイドウォールの幅は0.10 $\mu$ mになるようにバックエッチング時間を制御した。これにより図6に示すサイドウォールパターン4を、第1のパターン3Aの側壁に、犠牲膜6をエッチバックする工程で残留させた。

【0041】次に図7に示す工程において、ここではクロムからなる遮光膜20を、DCスパッタ法により形成した。遮光膜20を構成するクロム膜の膜厚は、105nmとした。

【0042】次に図8に示す工程において、電子線レジスト7を塗布した。図8中、符号IIa、IIbで、第二の描画予定領域を示す。

【0043】図8に示されている第二の描画予定領域IIa、IIbにしたがって、加速電圧が10kVである電子線で、これらの領域IIa、IIbを描画した。パターンの幅は、1.20 $\mu$ mとした。

【0044】次に図9の工程において、上記電子線描画により形成したパターン状のレジスト7をマスクとして、遮光膜20をエッチングしてパターンニングした。ここでは塩素及び酸素からなるエッチングガスを用いたRIEでエッチングし、所定のパターンの遮光部2を形成した。

【0045】レジスト7を剥離して、図1の構造の位相シフトマスクを得た。なお、図1で形成されたパターンの幅は、パターン3Aのサイドウォール間の幅が1.20 $\mu$ m、パターンBについては幅が1.20 $\mu$ mであった。

【0046】本例の位相シフトマスクの作用を説明する。本例では、図1のサイドウォールパターン4には、符号5で示すように、遮光膜2をなすクロムが堆積している。このため、たとえばガラス基体1の掘りこまれた部分の光透過領域（第1のパターン3A）と、掘りこまれていない部分の光透過領域（第2のパターン3B）とが繰り返して形成されているパターン配置において、各領域A、B（第1のパターン3A、第2のパターン3B）を透過した光の強度FA、FB（図2）は、略等しい。

【0047】このような光強度になることについて、図2に模式的に示した。図2に示すとおり、各領域A、B（第1のパターン3A、第2のパターン3B）を透過した光の強度FA、FBは略等しくなっている。

【0048】すなわち、サイドウォール4に堆積した遮光膜5は、ガラス基体1の側壁における透過光の回折を

生じさせないために、いわゆる導波路効果を生ぜしめない。さらに、サイドウォール4の幅は、図5の工程における犠牲膜6の厚さ、及び図6の工程におけるエッチバック条件により、精密な制御ができる。たとえば本実施の形態例においては、サイドウォール幅が、 $0.05\mu\text{m}$ から $0.15\mu\text{m}$ まで、マスクパターン形成領域において、 $3\sigma 0.01\mu\text{m}$ の精度で形成することができた。

【0049】さらに、本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0050】上述したように、本例の位相シフトマスクは、サイドウォールパターンを形成したことにより、レベソソ方式の位相シフトマスクにおいて、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパターン転写が可能であり、かつ、洗浄が可能なものであるという利点を有する。

#### 【0051】実施の形態例2

この実施の形態例は、実施の形態例1と同じ発明を具体化したものである。ただしこの例では、犠牲膜を遮光材料から形成し、よってサイドウォールパターン自体が遮光効果を有するものとした。

【0052】すなわち本例の位相シフトマスクは、図10に示すように、光透過領域である第1のパターン3Cの側壁のサイドウォールパターン4は、遮光材料（ここでは窒化タングステンを使用）からなり、これにより導波路効果を防止ないし抑制する。本例では、サイドウォールパターン4上に、遮光部2がかかっている必要はない。

【0053】以下、図11から図17を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。図11に示したように、ガラス基体1に、電子線レジスト1aを、膜厚 $500\text{nm}$ になるように回転塗布した。この電子線レジスト1a上には、帯電防止膜1bを形成した。次にこの図11に示す工程においては、第一の描画予定領域Iにおけるレジスト1を、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、 $10\text{kV}$ のものをを用いた。パターンの幅は、 $1.40\mu\text{m}$ とした。

【0054】次に図12に示す工程において、ガラス基体1を、 $\text{CF}_4$ ガスからなるエッチングガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)により、深さが $269\text{nm}$ になるようにエッチングした。これにより、第1のパターン3Cをガラス基体1を掘り込むことによって、形成した。ここで、 $269\text{nm}$ の深さにしたのは、実施の形態例1と同様の理由であり、図10に示した領域3C（第1のパターン3Cの領域）を透過する波長 $248\text{nm}$ の光の位相と、領域3D（第2のパターン3Dの領域）を透過する波長 $248\text{nm}$ の光の位相とが、互いに

$180$ 度異なるように設定したものである。

【0055】次に図13に示す工程において、犠牲膜6となる窒化タングステン膜を、 $300\text{nm}$ の厚さになるように形成した。窒化タングステン( $\text{WNx}$ )膜は、プラズマCVD法により、 $\text{WF}_6$ ガスと、 $\text{NH}_3$ ガスを原料ガスとして、形成した。反応温度は、略 $300^\circ\text{C}$ であった。また、窒素は、組成比で $20\%$ になるようにし、窒化タングステンの構造がアモルファスとなるようにした。

【0056】次に図14に示す工程において、 $\text{CF}_4$ と酸素からなる反応ガスを用いて、犠牲膜6である窒化タングステン膜をエッチバックした。この工程において、ガラス基体1の側壁に形成された窒化タングステン膜は、 $300\text{nm}$ よりも厚く形成されるため、エッチバック工程においてもサイドウォールとして残る。ガラス基体パターン底部におけるサイドウォールの幅は $0.10\mu\text{m}$ になるようにバックエッチング時間を制御した。これにより図14に示すサイドウォールパターン4を、第1のパターン3Cの側壁に、犠牲膜6をエッチバックする工程で残留させた。

【0057】次に図15に示す工程において、ここではクロムからなる遮光膜20を、DCスパッタ法により形成した。遮光膜20を構成するクロム膜の膜厚は、 $105\text{nm}$ とした。

【0058】次に図16に示す工程において、電子線レジスト7を塗布した。図8中、符号M、Nで、第二の描画予定領域を示す。

【0059】図17に示されている第二の描画予定領域M、Nにしたがって、加速電圧が $10\text{kV}$ である電子線で、これらの領域M、Nを描画した。パターンの幅は、 $1.20\mu\text{m}$ とした。

【0060】次に図17の工程において、上記電子線描画により形成したパターン状のレジスト7をマスクとして、遮光膜20をエッチングしてパターンニングした。ここでは塩素及び酸素からなるエッチングガスを用いたRIEでエッチングし、所定のパターンの遮光部2を形成した。

【0061】レジスト7を剥離して、図10の構造の位相シフトマスクを得た。なお、図10で形成されたパターンの幅は、パターン3Cのサイドウォール間の幅が $1.20\mu\text{m}$ 、パターンDについては幅が $1.20\mu\text{m}$ であった。

【0062】本例の位相シフトマスクの作用を説明する。この実施の形態例にあつては、サイドウォール4は、遮光材料である窒化タングステンからなる。よって、図16の描画工程において、光透過領域3C（第1のパターン3C）に対応する部分の描画領域（第二の描画予定領域M）は、サイドウォール間距離よりも、大きく設定してよい。遮光膜2がサイドウォールパターンにかかる必要がない（実施の形態例1におけるサイドウォール

ールパターン上の遮光膜5が無くてよい)からである。また、アモルファス構造の窒化タングステンによりサイドウォールが形成されているため、多結晶構造の金属膜に見られるような、結晶粒によるエッジラフネスもない。

【0063】本例では、サイドウォールパターン4は、遮光材料である窒化タングステンで形成されているので、それ自体、ガラス基体1の側壁における透過光の回折を生じさせない。このために、いわゆる導波路効果を生ぜしめない。図2に模式的に示した実施の形態例1と、同様の光強度が得られる。さらに、サイドウォール4の幅は、図13の工程における犠牲膜6の厚さ、及び図14の工程におけるエッチバック条件により、精密な制御ができる。たとえば本実施の形態例においては、サイドウォール幅が、 $0.05\mu\text{m}$ から $0.15\mu\text{m}$ まで、マスクパターン形成領域において、 $3\sigma 0.01$ の精度で形成することができた。

【0064】さらに、本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0065】上述したように、本例の位相シフトマスクは、サイドウォールパターンを形成したことにより、レベンソン方式の位相シフトマスクにおいて、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパターン転写が可能である。また、第二の描画工程における描画予定領域のとり方に自由度があり、場合によっては、次の実施の形態例3において詳述するように、第一の描画工程と第二の描画工程における位置ずれが生じても効果が損なわれない。かつ、洗浄が可能なものであるという利点を有する。

#### 【0066】実施の形態例3

この実施の形態例は、実施の形態例1、2と同じ発明を具体化したものである。本例は、第二の描画工程において、第一の描画工程に対する位置ずれがあること、第一の描画領域の幅が $1.60\mu\text{m}$ であること、サイドウォール幅が $0.20\mu\text{m}$ であること以外は、実施の形態例2と同様である。

【0067】すなわち本例の位相シフトマスクは、図18に示すように、光透過領域である第1のパターン3Eの側壁のサイドウォールパターン4は、遮光材料(ここでは窒化タングステンを使用)からなり、これにより導波路効果を防止ないし抑制するが、本例では、位置ずれがあった場合でも、サイドウォールパターン4上に遮光部2がかかるような態様で、その位置ずれは吸収される。

【0068】以下、図19から図25を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。工程としては、実施の形態例2と同じ手順をとる。図19に示した

ように、ガラス基体1に、電子線レジスト1aを、膜厚 $500\text{nm}$ になるように回転塗布した。この電子線レジスト1a上には、帯電防止膜1bを形成した。次にこの図11に示す工程においては、第一の描画予定領域Iにおけるレジスト1を、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、 $10\text{kV}$ のものを用いた。パターンの幅は、実施の形態例2では $1.40\mu\text{m}$ としたが、ここでは $1.60\mu\text{m}$ とした。

【0069】次に図20に示す工程において、ガラス基体1を、 $\text{CF}_4$ ガスからなるエッチングガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)により、深さが $269\text{nm}$ になるようにエッチングした。これにより、第1のパターン3Cをガラス基体1を掘り込むことによって、形成した。ここで、 $269\text{nm}$ の深さにしたのは、実施の形態例2におけると同じで、実施の形態例1と同様の理由であり、図18に示した領域3E(第1のパターン3Eの領域)を透過する波長 $248\text{nm}$ の光の位相と、領域3F(第2のパターン3Fの領域)を透過する波長 $248\text{nm}$ の光の位相とが、互いに $180$ 度異なるように設定したものである。

【0070】次に図21に示す工程において、犠牲膜6となる窒化タングステン膜を、 $300\text{nm}$ の厚さになるように形成した。窒化タングステン(WNx)膜は、プラズマCVD法により、 $\text{WF}_6$ ガスと、 $\text{NH}_3$ ガスを原料ガスとして、形成した。反応温度は、略 $300^\circ\text{C}$ であった。また、窒素は、組成比で $20\%$ になるようにし、窒化タングステンの構造がアモルファスとなるようにした。

【0071】次に図22に示す工程において、 $\text{CF}_4$ と酸素からなる反応ガスを用いて、犠牲膜6である窒化タングステン膜をエッチバックした。この工程において、ガラス基体1の側壁に形成された窒化タングステン膜は、 $300\text{nm}$ よりも厚く形成されるため、エッチバック工程においてもサイドウォールとして残る。ガラス基体パターン底部におけるサイドウォールの幅は、本例では $0.20\mu\text{m}$ になるようにバックエッチング時間を制御した。これにより図22に示すサイドウォールパターン4を、第1のパターン3Eの側壁に、犠牲膜6をエッチバックする工程で残留させた。

【0072】次に図23に示す工程において、ここではクロムからなる遮光膜20を、DCスパッタ法により形成した。遮光膜20を構成するクロム膜の膜厚は、 $105\text{nm}$ とした。

【0073】次に図24に示す工程において、電子線レジスト7を塗布した。図8中、符号P、Qで、第二の描画予定領域を示す。ここで、光透過領域E(第1のパターンE)に対応する第二の描画予定領域Pは、サイドウォール4間距離よりも、大きく設定してある。図18のサイドウォール4は、遮光機能のある窒化タングステン膜で形成されてあるから、実施の形態例2と同じく、遮

光膜2がサイドウォールパターンにかかる必要がない（実施の形態例1におけるサイドウォールパターン上の遮光膜5が無くてよい）からである。すなわちここでは、第二の描画予定領域P（第1のパターンEに対応）の幅を $1.40\mu\text{m}$ 、第二の描画予定領域Q（第2のパターンFに対応）の幅を $1.20\mu\text{m}$ とした。また、光透過領域である第1のパターンEに対応する描画予定領域Pは、前記実施の形態例2では、サイドウォール4の中心にかかるように設定したが（図16参照）、本例の図24の工程では、サイドウォール幅の半分の大きさの位置ずれが生じてある場合を示している。このような位置ずれが生じている場合においても、遮光作用のある材料であるここでは窒化タングステンによりサイドウォール4が形成されているため、図18の光透過領域E（第1のパターンE）に示されるように、導波路効果を生ぜしめることは無い。

【0074】このような図24に示されている第二の描画予定領域P、Qにしたがって、加速電圧が $10\text{kV}$ である電子線で、これらの領域P、Qを描画した。各パターンの幅は、上記したとおりである。

【0075】次に図25の工程において、上記電子線描画により形成したパターン状のレジスト7をマスクとして、遮光膜20をエッチングしてパターンニングした。ここでは塩素及び酸素からなるエッチングガスを用いたRIEでエッチングし、所定のパターンの遮光部2を形成した。

【0076】その後レジスト7を剥離して、図18の構造の本例に係る位相シフトマスクを得た。上記したとおり、本例では、描画領域の位置ずれが生じているが、導波路効果防止については全く問題が無い。

【0077】一般に、第一の描画工程に対する第二の描画工程の位置ずれ、いわゆる重ね合わせ誤差を完全に無くすることは、不可能である。重ね合わせ誤差は、通常、 $0.06\mu\text{m}$ 程度は発生する。本例においては、サイドウォール幅が $0.20\mu\text{m}$ であり、かつ、描画領域を、サイドウォール幅中心に対応するように設定されているため、少なくとも片側 $0.10\mu\text{m}$ の重ね合わせ誤差があったとしても、なんら問題無い。実際、本例では、マスク全面において $3\sigma 0.063\mu\text{m}$ の重ね合わせ誤差があったが、なんら問題無く、光透過領域E（第1のパターンE）を形成することができた。

【0078】さらに、本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0079】上述したように、本例の位相シフトマスクは、サイドウォールパターンを形成したことにより、レベソソ方式の位相シフトマスクにおいて、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパ

ターン転写が可能である。また、第一の描画工程と、第二の描画工程における位置ずれが生じてても問題が無いと言う利点がある。かつ、洗浄が可能なのものであるという利点を有する。

#### 【0080】実施の形態例4

この実施の形態例は、露光光に対して透明な基体に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をエッチングしかつ基体を掘り込むことにより第1のパターンを形成する工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程と、遮光膜に第2のパターンを形成する工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略 $180^\circ$ 異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成する位相シフトマスクの製造方法を、具体化して実施した。

【0081】本例の位相シフトマスクの構造を、図26に示す。本例の位相シフトマスクは、図26に示すように、露光光に対して透明な基体1（ここではガラス基体）に、遮光膜からなる遮光部2と、光透過パターンである第1のパターン3Gと第2のパターン3Hとを有し、基体1を掘り込んで形成した第1のパターン3Gを透過した光と、第2のパターン3Bを透過した光の位相は略 $180^\circ$ 異なる位相シフトマスクにおいて、第1のパターン3Gの側壁には、サイドウォール状パターン4（ここでは窒化タングステンからなる）が形成されており、該サイドウォールパターン4が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターン3Gを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターン3Hを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとした位相シフトマスクである。

【0082】以下、図27から図33を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。本例では、遮光膜が先に形成されることが、前掲の実施の形態例1～3と異なる。

【0083】本例ではまず図27に示すように、ガラス基体1に、ここではクロムからなる遮光膜20を、DCスパッタ法により形成した。遮光膜20を構成するクロム膜の膜厚は、 $105\text{nm}$ とした。次に電子線レジスト1aを、膜厚 $500\text{nm}$ になるように回転塗布した。符号Iで、第一の描画予定領域を示す。

【0084】次に図28に示す工程において、第一の描画予定領域Iにおけるレジスト1を、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、 $10\text{kV}$ のものを

用いた。パターン幅は、 $1.40\mu\text{m}$ とした。次いで、遮光膜20を、ここでは塩素及び酸素からなるエッチングガスを用いて反応性イオンエッチング(RIE)でエッチングした。

【0085】次に図29に示す工程において、ガラス基体1を、ここでは $\text{CF}_4$ ガスからなるエッチングガスを用いたRIEにより、深さが $269\text{nm}$ になるようにエッチングした。これにより、第1のパターン3Gをガラス基体1を掘り込むことによって、形成した。ここで、 $269\text{nm}$ の深さに設定した理由は、実施の形態例1におけると同様である。

【0086】次に図30に示す工程において、犠牲膜6となる窒化タングステン膜を、 $300\text{nm}$ の厚さになるように形成した。窒化タングステン(WNx)膜は、プラズマCVD法により、 $\text{WF}_6$ ガスと、 $\text{NH}_3$ ガスを原料ガスとして、形成した。反応温度は、略 $300^\circ\text{C}$ であった。また、窒素は、組成比で20%になるようにし、窒化タングステンの構造がアモルファスとなるようにした。

【0087】次に図31に示す工程において、 $\text{CF}_4$ と酸素からなる反応ガスを用いて、犠牲膜6である窒化タングステン膜をエッチバックした。この工程において、ガラス基体1の側壁に形成された窒化タングステン膜は、 $300\text{nm}$ よりも厚く形成されるため、エッチバック工程においてもサイドウォールとして残る。ガラス基体パターン底部におけるサイドウォールの幅は、本例では $0.10\mu\text{m}$ になるようにバックエッチング時間を制御した。これにより図31に示すサイドウォールパターン4を、第1のパターン3Gの側壁に、犠牲膜6をエッチバックする工程で残留させた。

【0088】次に図32に示す工程において、電子線レジスト7を塗布した。図32中、符号IIで、第二の描画予定領域を示す。

【0089】図32に示されている第二の描画予定領域IIにしたがって、加速電圧が $10\text{kV}$ である電子線で、この領域IIを描画した。パターン幅は、 $1.20\mu\text{m}$ とした。

【0090】次に図33の工程において、上記電子線描画により形成したパターン状のレジスト7をマスクとして、遮光膜20をエッチングしてパターンニングした。ここでは塩素及び酸素からなるエッチングガスを用いたRIEでエッチングし、所定のパターンの遮光部2を形成した。

【0091】レジスト7を剥離して、図26の構造の位相シフトマスクを得た。図26の構造で形成されたパターンの幅は、パターン3Gのサイドウォール間の幅が $1.20\mu\text{m}$ 、パターンHについては幅が $1.20\mu\text{m}$ であった。

【0092】本例では、サイドウォールパターン4は、遮光材料である窒化タングステンで形成されているの

で、それ自体、ガラス基体1の側壁における透過光の回折を生じさせない。このために、いわゆる導波路効果を生ぜしめない。図2に模式的に示した実施の形態例1と、同様の光強度が得られる。さらに、サイドウォール4の幅は、図30の工程における犠牲膜6の厚さ、及び図31の工程におけるエッチバック条件により、精密な制御ができる。たとえば本実施の形態例においては、サイドウォール幅が、 $0.05\mu\text{m}$ から $0.15\mu\text{m}$ まで、マスクパターン形成領域において、 $3\sigma$ 、 $0.01\mu\text{m}$ の精度で形成することができた。

【0093】さらに、本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0094】上述したように、本例の位相シフトマスクは、サイドウォールパターンを形成したことにより、レベソソ方式の位相シフトマスクにおいて、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパターン転写が可能であり、かつ、洗浄が可能なのであるという利点を有する。

#### 【0095】実施の形態例5

この実施の形態例は、露光光に対して透明な基体に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をエッチングして第1のパターン及び第2のパターンを同時に形成する工程と、第1のパターンの基体を掘り込む工程と、犠牲膜を形成する工程と、該犠牲膜をエッチバックする工程からなり、第1のパターンを透過した光と、第2のパターンを透過した光の位相は略 $180^\circ$ 異なっており、第1のパターンの側壁には、犠牲膜をエッチバックする工程において残留する犠牲膜形成材料がサイドウォール状に形成されており、該サイドウォールもしくはサイドウォール上の遮光膜が導波路効果を消失もしくは軽減することにより、第1のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成する位相シフトマスクの製造方法を、具体化して実施したものである。

【0096】本例の位相シフトマスクの構造を、図34に示す。本例の位相シフトマスクは、図34に示すように、露光光に対して透明な基体1（ここではガラス基体）に、遮光膜からなる遮光部2と、光透過パターンである第1のパターン3Gと第2のパターン3Hとを有し、基体1を掘り込んで形成した第1のパターン3Gを透過した光と、第2のパターン3Bを透過した光の位相は略 $180^\circ$ 異なる位相シフトマスクにおいて、第1のパターン3Gの側壁には、サイドウォール状パターン4（ここでは窒化タングステンからなる）が形成されており、該サイドウォールパターン4が導波路効果を消失も

しくは軽減することにより、第1のパターン3Gを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第2のパターン3Hを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとした位相シフトマスクである。

【0097】以下、図35から図39を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。

【0098】本例ではまず図35に示すように、ガラス基体1に、ここではクロムからなる遮光膜20を、DCスパッタ法により形成した。遮光膜20を構成するクロム膜の膜厚は、105nmとした。次に電子線レジスト1aを、膜厚500nmになるように回転塗布した。符号R、Sで示すのは、第一の描画予定領域である。

【0099】次に図36に示す工程において、第一の描画予定領域R、Sにおけるレジスト1aを、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、10kVのものをを用いた。パターンの幅は、第一の描画予定領域Rにおけるパターン幅が1.40 $\mu$ mであり、第一の描画予定領域Sにおけるパターン幅が1.20 $\mu$ mとした。次いで、遮光膜20を、ここでは塩素及び酸素からなるエッチングガスを用いて反応性イオンエッチング(RIE)でエッチングした。これにより遮光部2を形成した。

【0100】次に図37に示す工程において、電子線レジスト7を、膜厚500nmになるように回転塗布した。この電子線レジスト7上には、帯電防止膜1bを形成した。図37中、符号IIで、第二の描画予定領域を示す。この図37に示された第二の描画予定領域IIにしたがって、加速電圧が10kVである電子線で描画を行い、レジストパターンを形成した。

【0101】次に図38に示す工程において、上記レジストパターンをマスクとして、ガラス基体1を、ここではCF<sub>4</sub>ガスからなるエッチングガスを用いたRIEにより、深さが269nmになるようにエッチングした。これにより、第1のパターン3Iをガラス基体1を掘り込むことによって、形成した。ここで、269nmの深さに設定した理由は、実施の形態例1におけると同様である。

【0102】次に図39に示す工程において、犠牲膜6となる窒化タングステン膜を、300nmの厚さになるように形成した。窒化タングステン(WNx)膜は、プラズマCVD法により、WF<sub>6</sub>ガスと、NH<sub>3</sub>ガスを原料ガスとして、形成した。反応温度は、略300℃であった。また、窒素は、組成比で20%になるようにし、窒化タングステンの構造がアモルファスとなるようにした。

【0103】次に、上記した図34に示す最終構造を得る工程において、CF<sub>4</sub>と酸素からなる反応ガスを用いて、犠牲膜6である窒化タングステン膜をエッチバックした。この工程において、ガラス基体1の側壁に形成さ

れた窒化タングステン膜は、300nmよりも厚く形成されるため、エッチバック工程においてもサイドウォールとして残る。ガラス基体パターン底部におけるサイドウォールの幅は、本例では0.10 $\mu$ mになるようにバックエッチング時間を制御した。これにより図34に示すサイドウォールパターン4を、第1のパターン3Iの側壁に、犠牲膜6をエッチバックする工程で残留させた。このとき、遮光部2を構成するクロムは、安定したフッ化物を形成するため、犠牲膜6のエッチングにおいても、エッチングされることはなかった。レジストを剥離して、図34の構造の位相シフトマスクを得た。なお、この図34の構造のパターン幅は、パターン3Iのサイドウォール間の幅が1.20 $\mu$ m、パターンJについては幅が1.20 $\mu$ mであった。

【0104】本例では、サイドウォールパターン4は、遮光材料である窒化タングステンで形成されているので、それ自体、ガラス基体1の側壁における透過光の回折を生じさせない。このために、いわゆる導波路効果を生ぜしめない。図2に模式的に示した実施の形態例1と、同様の光強度が得られる。さらに、サイドウォール4の幅は、図39の工程における犠牲膜6の厚さ、及び図31の最終構造を得る工程におけるエッチバック条件により、精密な制御ができる。たとえば本実施の形態例においては、サイドウォール幅が、0.05 $\mu$ mから0.15 $\mu$ mまで、マスクパターン形成領域において、3 $\sigma$ 0.01 $\mu$ mの精度で形成することができた。

【0105】さらに、本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0106】上述したように、本例の位相シフトマスクは、サイドウォールパターンを形成したことにより、レベソソ方式の位相シフトマスクにおいて、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパターン転写が可能であり、かつ、洗浄が可能なものであるという利点を有する。

【0107】実施の形態例6

図40に本例に係る位相シフトマスクの構造を示し、図54に作用を示し、図41から図46に、本例の位相シフトマスクの製造工程を示す。

【0108】本例においては、露光光に対して透明な基体を掘り込むことによって第1のパターンを形成する工程と、遮光膜を形成する工程と、該遮光膜を研磨する工程と、該遮光膜を加工することにより第2のパターンを形成し、また第3のパターンを、第2のパターンを透過した光と、第3のパターンを透過した光の位相は略180度異なるように形成する工程を有し、第2のパターンを透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンを透過した光によって被露光

材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにマスク形成する位相シフトマスクの製造方法を、具体化して実施した。

【0109】本例の位相シフトマスクは、図40に示すように、露光光に対して透明な基体1（ここではガラス基体）に、遮光膜からなる遮光部2と、光透過パターンである第2のパターンと第3のパターンとを形成し、遮光部2は基体1を掘り込んで形成した第1のパターンP1（図42参照）を用いて形成したものであり、第2のパターンP2を透過した光と、第3のパターンP3を透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクであって、第2のパターンP2を透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンP3を透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにした位相シフトマスクである。

【0110】この位相シフトマスクは、図54に示すように、導波路効果を生じさせる透明基体1の側壁を具備せず、遮光部2をなす遮光膜パターン側壁のみを持たせた構造になっており、よって、ガラス側壁等における光の干渉効果は無く、導波路効果は生じず、これにより、第2のパターンP2を透過した光と、第3のパターンP3を透過した光との光強度F2、F3が略等しくなる。

【0111】以下、図41から図46を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。図41に示したように、ガラス基体1に、電子線レジスト1aを、膜厚500nmになるように回転塗布した。この電子線レジスト1a上には、帯電防止膜1bを塗布形成した。次にこの図41に示す工程においては、第一の描画予定領域Ia、Ib、Icにおけるレジスト1aを、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、10kVのものを用いた。各パターンの幅は、1.20 $\mu$ mとした。

【0112】次に図42に示すように、ガラス基体1を、CF<sub>4</sub>ガスからなるエッチングガスを用いた反応性イオンエッチング（RIE）により、深さが269nmになるようにエッチングした。これにより、第1のパターンP1（図示例では3か所）をガラス基体1を掘り込むことによって、形成した。ここで、269nmの深さは、この第1のパターンP1と同じ深さに形成される図40の領域P2（第2のパターンP2の領域）を透過する波長248nmの光の位相と、図40の領域P3（第3のパターンP3の領域）を透過する波長248nmの光の位相とが、互いに180度異なるように設定されたものである。レジスト剥離して、図42の構造を得た。

【0113】次に図43に示すように、ここではタングステンからなる遮光膜20を、300nmの厚さになるように、DCスパッタ法により形成した。

【0114】次に化学的機械研磨（CMP）により、上記形成したタングステンからなる遮光膜20を研磨し、

図44に示すように、遮光部2を形成した。

【0115】次に図45に示す工程において、電子線レジスト7を塗布した。図8中、符号IIで、第二の描画予定領域を示す。この図45に示されている第二の描画予定領域IIにしたがって、加速電圧が10kVである電子線で、この領域IIを描画した。パターンの幅は、1.20 $\mu$ mとした。

【0116】次に図46に示す工程において、上記電子線描画により形成したパターン状のレジスト7をマスクとして、ガラス基体1を、ここではCF<sub>4</sub>からなるエッチングガスを用いたRIEにより、掘り込んだ。最終的に、図40に示すように、遮光部2の形成用の第1のパターンP1と同じ深さの269nmの深さまで掘り込んで、第2のパターンP2とした。レジスト7を剥離して得たのが、図40の構造の位相シフトマスクである。

【0117】本例の位相シフトマスクの作用を説明する。本例では、図40に示すように、また作用を示す図54に示すように、透明基体1（ガラス基体）の側壁は無く、側壁を形成するのは遮光膜2（ここではタングステンからなる）である。この結果、透明基体1（ガラス基体）の側壁がもたらす導波路効果は生じない。よって、図54に示すように、ガラス側壁等における光の干渉効果は無く、導波路効果を生じず、これにより、第2のパターンP2を透過した光と、第3のパターンP3を透過した光との光強度F2、F3が略等しくなる。

【0118】本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0119】上述したように、本例の位相シフトマスクは、レベソソ方式の位相シフトマスクにおいて、パターンの側壁が遮光材料からなるようにしたので、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパターン転写が可能であり、かつ、洗浄が可能なのであるという利点を有する。

【0120】実施の形態例7

図47に本例に係る位相シフトマスクの構造を示し、図48から図53に、本例の位相シフトマスクの製造工程を示す。

【0121】本例は、実施の形態例6と同じ発明を具体化したものである。本例の位相シフトマスクは、図47に示すように、実施の形態例7と同様な、露光光に対して透明な基体1（ここではガラス基体）に、遮光膜からなる遮光部2と、光透過パターンである第2のパターンと第3のパターンとを形成し、遮光部2は基体1を掘り込んで形成した第1のパターンP1（図49参照）を用いて形成したものであり、第2のパターンP2を透過した光と、第3のパターンP3を透過した光の位相は略180度異なる位相シフトマスクであって、第2のパター

ンP2を透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅と、第3のパターンP3を透過した光によって被露光材上に転写されるパターンの線幅とがほぼ等しいものとなるようにした位相シフトマスクである。

【0122】この位相シフトマスクは、図54に示すような作用を示し、これは、実施の形態例6における、同様である。本例は、実施の形態例6では当初形成した第1のパターンがそのまま遮光部2を形成する個所になるのに対して、第1のパターンに対応して形成した遮光材料膜をさらにパターンニングして、遮光部2を形成するものである。

【0123】以下、図48ないし図53を参照して、本例の位相シフトマスクの製造工程を説明する。図48に示したように、ガラス基板1に、電子線レジスト1aを、膜厚500nmになるように回転塗布した。この電子線レジスト1a上に、帯電防止膜1bを塗布形成した。次にこの図48に示す工程においては、第一の描画予定領域IA、IBにおけるレジスト1aを、電子線で描画した。ここでは、電子線の加速電圧が、10kVのものをを用いた。ここで、第一の描画予定領域IBは、実施の形態例6を示す図41の第一の描画予定領域ICに対応する幅で形成したが、第一の描画予定領域IAは、実施の形態例6を示す図41の第一の描画予定領域IAからIBにかけての全幅にわたる長さで形成した。

【0124】次に図49に示すように、ガラス基板1を、 $\text{CF}_4$ ガスからなるエッチングガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)により、深さが269nmになるようにエッチングした。これにより、第1のパターンP1を、上記した第一の描画予定領域IA、IBにしたがう幅で、ガラス基板1を掘り込むことによって形成した。ここで、269nmの深さとしたは、上述した実施の形態例6における同様であり、この第1のパターンP1と同じ深さに形成される図47の領域P2(第2のパターンP2の領域)を透過する波長248nmの光の位相と、図47の領域P3(第3のパターンP3の領域)を透過する波長248nmの光の位相とが、互いに180度異なるように設定されたものである。図49は、レジスト剥離して得た構造である。

【0125】次に図50に示すように、ここではタングステンからなる遮光膜20を、300nmの厚さになるように、DCスパッタ法により形成した。

【0126】次に化学的機械研磨(CMP)により、上記形成したタングステンからなる遮光膜20を研磨し、図51に示すように、遮光材料膜2'を形成した。

【0127】次に図52に示す工程において、電子線レジスト7を塗布した。図8中、符号IIで、第二の描画予定領域を示す。この図52に示されている第二の描画予定領域IIにしたがって、加速電圧が10kVである電子線で、この領域IIを描画した。パターンの幅は、 $1.20\mu\text{m}$ とした。

【0128】次に図53に示す工程において、上記電子線描画により形成したパターン状のレジスト7をマスクとして、遮光材料膜2'を、ここでは $\text{CF}_4$ 及び酸素からなるエッチングガスを用いたRIEによりエッチングした。エッチング終点検出により、エッチングをジャストで終了させた。これにより第2のパターンP2を形成するとともに、遮光部2を得た。このようにして、図53に示すように、遮光部2の形成用の第1のパターンP1と同じ深さの269nmの深さの第2のパターンP2とした。レジスト7を剥離して得たのが、図47の構造の位相シフトマスクである。

【0129】本例の位相シフトマスクの作用を説明する。本例では、実施の形態例6と同様、透明基板1(ガラス基板)の側壁は無く、側壁を形成するのは遮光膜2(ここではタングステンからなる)である。この結果、透明基板1(ガラス基板)の側壁がもたらす導波路効果は生じない。よって、図54に示すように、ガラス側壁等における光の干渉効果は無く、導波路効果を生じず、これにより、第2のパターンP2を透過した光と、第3のパターンP3を透過した光との光強度が略等しくなる。

【0130】さらに本実施の形態例において作製した位相シフトマスクを、超音波洗浄10分、メガソニック洗浄15分、スクライブ洗浄10分の条件で洗浄テストを行ったところ、いずれの場合も膜等の剥がれは生じず、良好に洗浄することができた。

【0131】上述したように、本例の位相シフトマスクは、レベンソン方式の位相シフトマスクにおいて、パターンの側壁が遮光材料からなるので、導波路効果を生ぜしめることなく、よって、線幅の不均一のないパターン転写が可能であり、かつ、洗浄が可能なものであるという利点を有する。

【0132】

【発明の効果】本発明によれば、位相シフトマスクについて、導波路効果を良好に消失もしくは軽減させ得、かつこの効果を、パターンサイズ等に依存せずに、制御制良く得ることも可能にでき、かつ各種洗浄も可能である位相シフトマスク、及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態例1の位相シフトマスクを示す断面略示図である。

【図2】 実施の形態例1の位相シフトマスクの作用を説明する図である。

【図3】 実施の形態例1の製造工程を順に断面図で示すものである(1)。

【図4】 実施の形態例1の製造工程を順に断面図で示すものである(2)。

【図5】 実施の形態例1の製造工程を順に断面図で示すものである(3)。



【図56】 従来技術及びその問題点を示す図である。

【図57】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(1)。

【図58】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(2)。

【図59】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(3)。

【図60】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(4)。

【図61】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(5)。

【図62】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(6)。

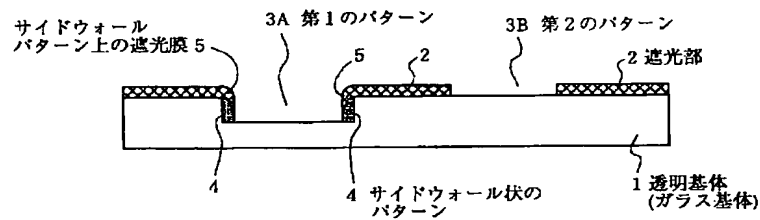
【図63】 従来技術の製造工程を順に断面図で示すものである(7)。

【符号の説明】

1・・・透明基体(ガラス基体)、1a・・・電子線レジスト、1b・・・帯電防止膜、2・・・遮光部、20・・・遮光膜、2'・・・遮光材料膜、3A・・・第1のパターン、3B・・・第2のパターン、4・・・サイドウォール状のパターン、5・・・サイドウォール状パターン上の遮光膜、6・・・犠牲膜、7・・・レジスト、P1・・・第1のパターン、P2・・・第2のパターン、P3・・・第3のパターン。

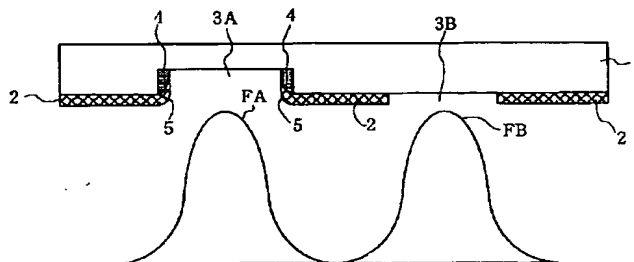
【図1】

実施の形態例1の位相シフトマスク  
(レジスト除去完成)



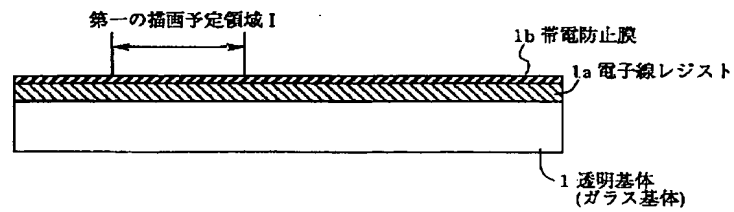
【図2】

実施の形態例1の位相シフトマスクの作用



【図3】

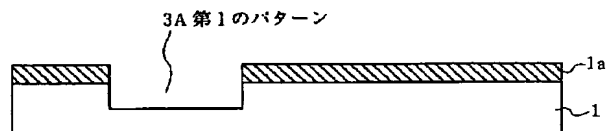
実施の形態例1の工程

(1) レジスト塗布  
帯電防止膜塗布

【図4】

実施の形態例1の工程

(2) ガラス基体をエッチング



【図5】

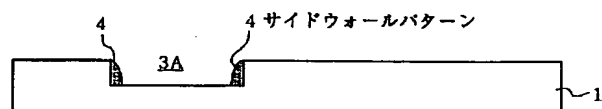
実施の形態例1の工程

(3) レジスト剥離後犠牲膜形成



【図6】

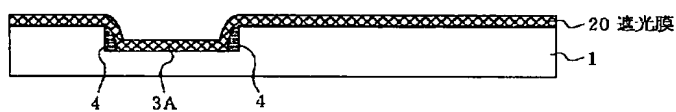
実施の形態例1の工程

(4) 犠牲膜エッチバック  
サイドウォール形成

【図7】

実施の形態例1の工程

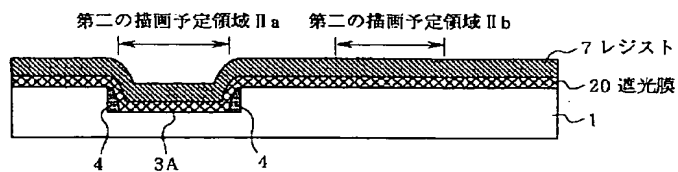
(5) 遮光膜形成



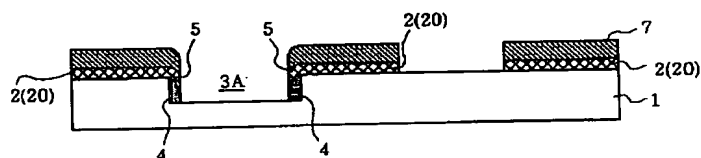
【図8】

実施の形態例1の工程

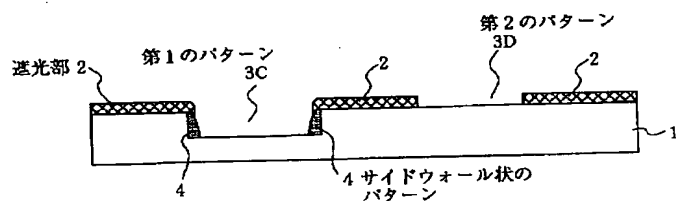
(6) 電子線レジスト塗布



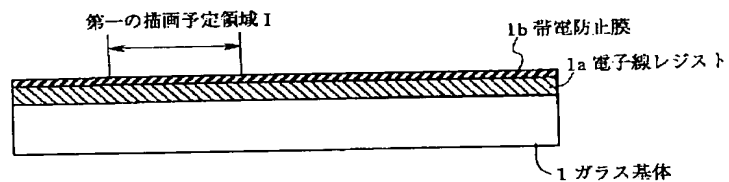
### (7) 遮光膜エッチング



実施の形態例 2 の位相シフトマスク  
(レジスト除去完成)



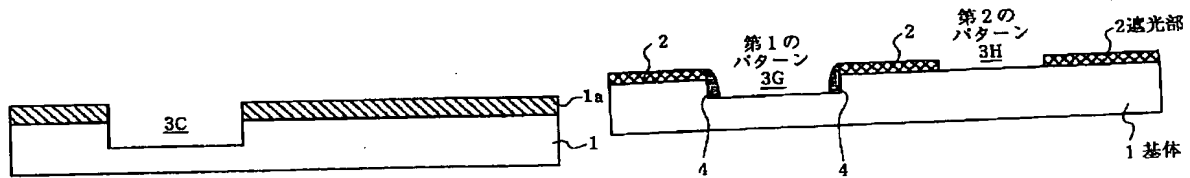
(1) レジスト塗布  
帯電防止膜塗布



【図12】

実施の形態例2の工程

(2) ガラス基体をエッチング



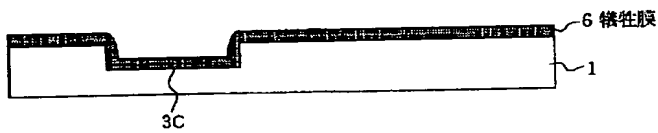
【図26】

実施の形態例4の位相シフトマスク  
(レジスト除去)

【図13】

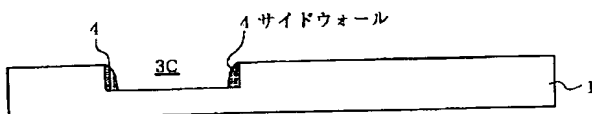
実施の形態例2の工程

(3) レジスト剥離後犠牲膜形成



【図14】

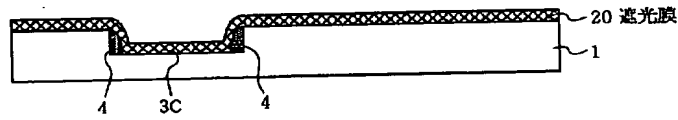
実施の形態例2の工程

(4) 犠牲膜エッチバック  
サイドウォール形成

【図15】

実施の形態例2の工程

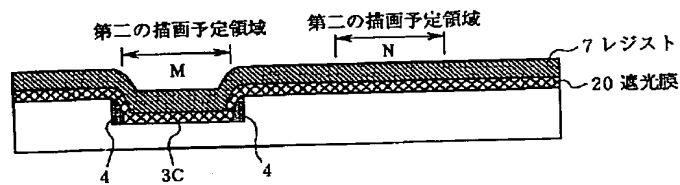
(5) 遮光膜形成



【図16】

実施の形態例2の工程

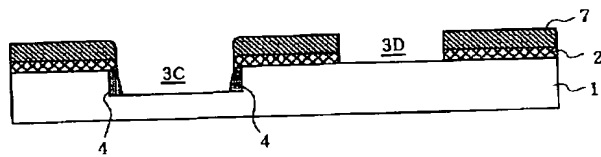
(6) 電子線レジスト塗布



【図17】

実施の形態例2の工程

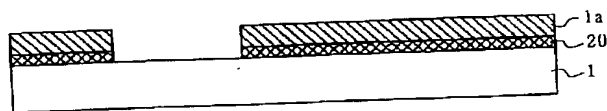
(7) 遮光膜エッチング



【図28】

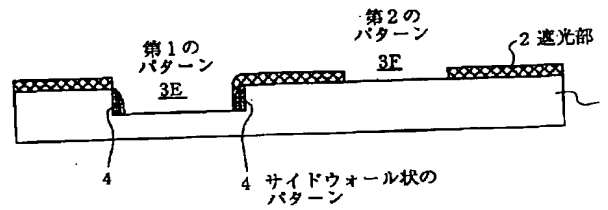
実施の形態例4の工程

(2) 遮光膜をエッチング



【図18】

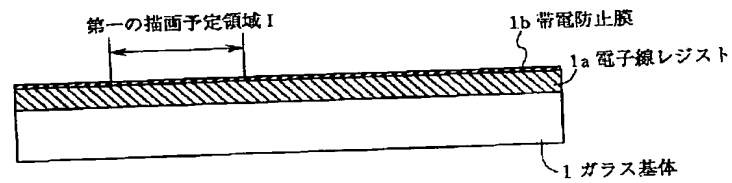
実施の形態例3の位相シフトマスク  
(レジスト除去完成)



【図19】

実施の形態例3の工程

(1) レジスト塗布  
帯電防止膜塗布



【図20】

実施の形態例3の工程

(2) ガラス基体をエッチング

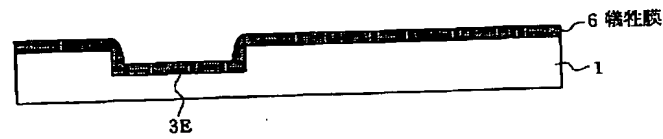




【図21】

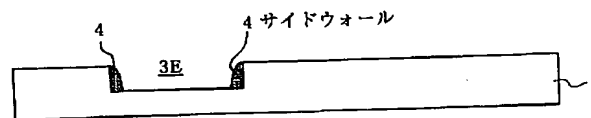
実施の形態例3の工程

(3) レジスト剥離後犠牲膜形成



【図22】

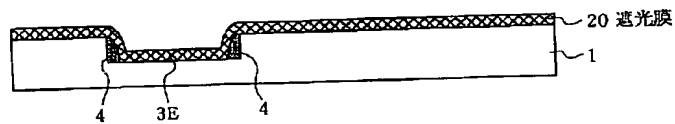
実施の形態例3の工程

(4) 犠牲膜エッチバック  
サイドウォール形成

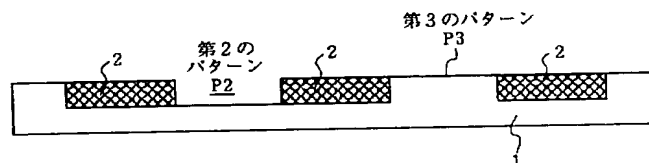
【図23】

実施の形態例3の工程

(5) 遮光膜形成



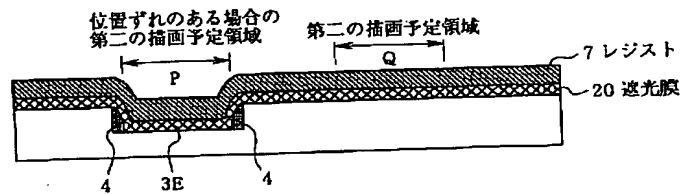
【図40】

実施の形態例6の位相シフトマスク  
(レジスト剥離完成)

【図24】

実施の形態例3の工程

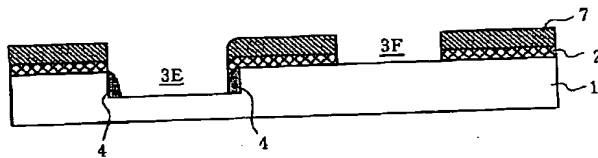
(6) 電子線レジスト塗布



【図25】

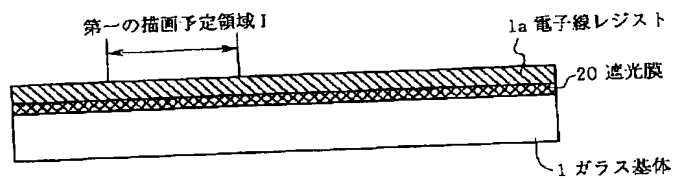
実施の形態例3の工程

(7) 遮光膜エッチング



【図27】

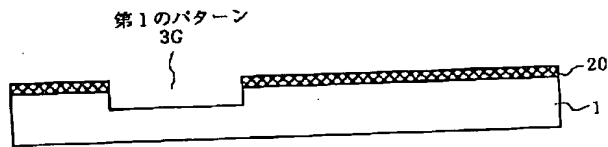
実施の形態例4の工程

(1) 遮光膜形成  
電子線レジスト塗布

【図29】

実施の形態例4の工程

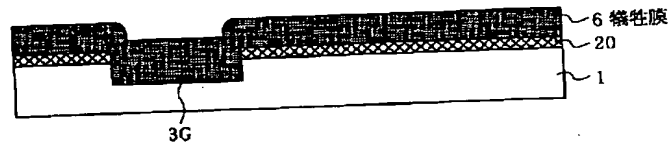
(3) レジスト剥離



【図30】

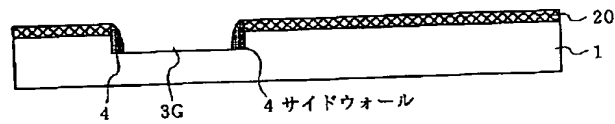
実施の形態例4の工程

(4) 犠牲膜形成



【図31】

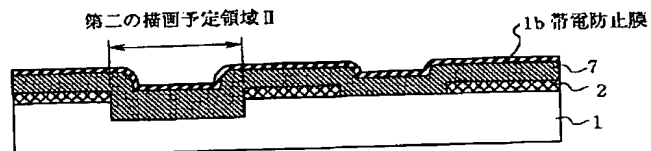
実施の形態例4の工程

(5) 犠牲膜エッチバック  
サイドウォール形成

【図37】

実施の形態例5の工程

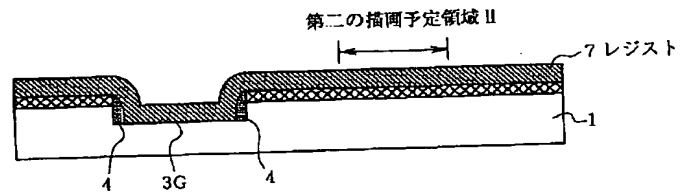
(3) レジスト塗布



【図32】

実施の形態例4の工程

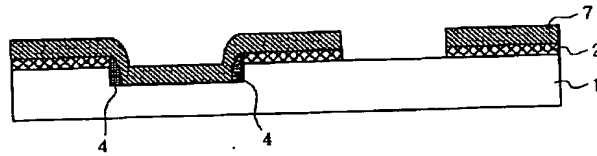
(6) レジスト塗布



【図33】

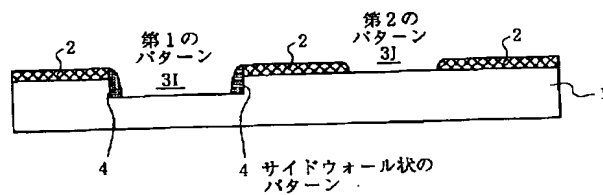
実施の形態例4の工程

(7) 遮光膜エッチング



【図34】

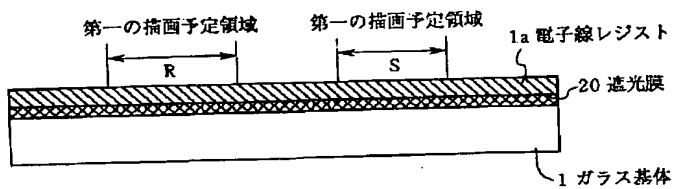
実施の形態例5の位相シフトマスク  
(犠牲膜エッチバック、サイドウォール形成)



【図35】

実施の形態例5の工程

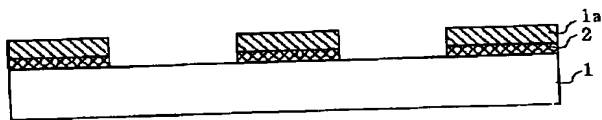
- (1) 遮光膜形成
- 
- 電子線レジスト塗布



【図36】

実施の形態例5の工程

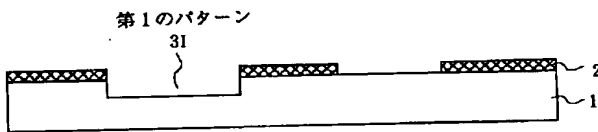
- (2) 遮光膜をエッチング



【図38】

実施の形態例5の工程

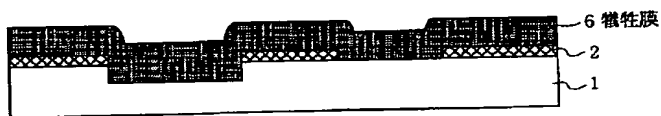
- (4) レジスト剥離



【図39】

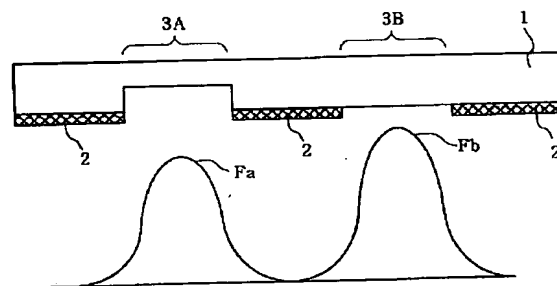
実施の形態例5の工程

- (5) 犠牲膜形成



【図55】

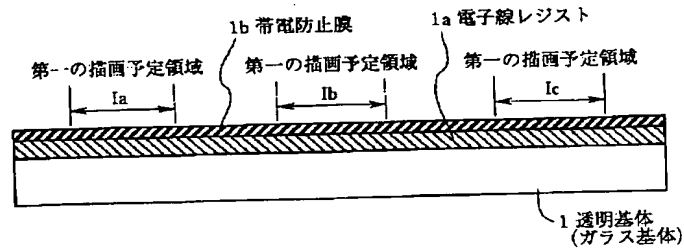
従来技術及びその問題点



【図41】

## 実施の形態例6の工程

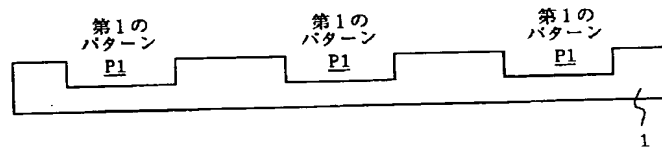
## (1) 電子線レジスト塗布



【図42】

## 実施の形態例6の工程

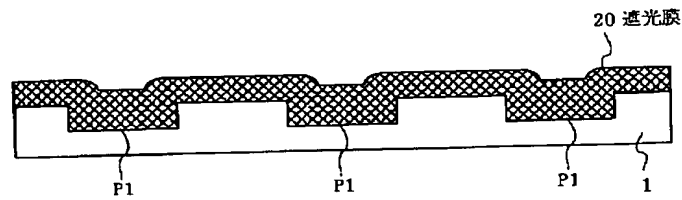
## (2) ガラス基体エッチング、レジスト剥離



【図43】

## 実施の形態例6の工程

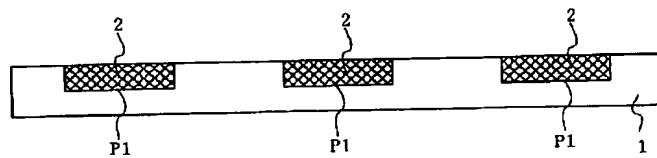
## (3) 遮光膜形成



【図44】

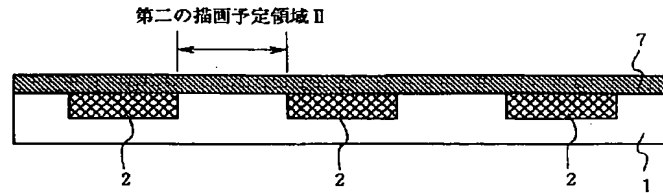
## 実施の形態例6の工程

## (4) CMP



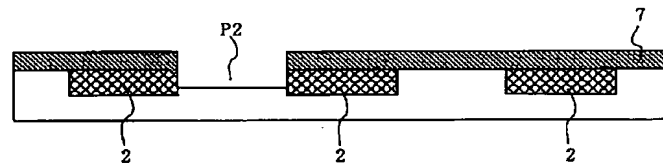
【図45】

実施の形態例6の工程  
(5) 電子線レジスト塗布



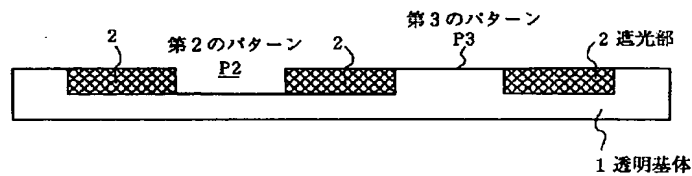
【図46】

実施の形態例6の工程  
(6) ガラス基体エッチング



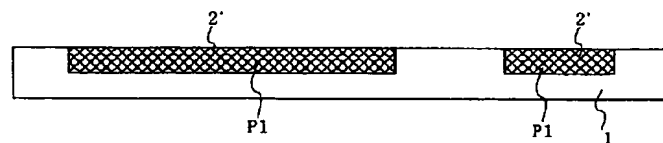
【図47】

実施の形態例7の位相シフトマスク  
(レジスト剥離完成)



【図51】

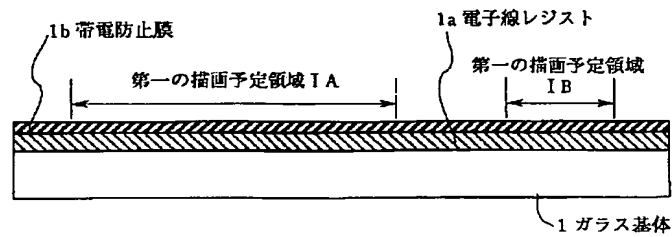
実施の形態例7の工程  
(4) CMP



【図48】

実施の形態例7の工程

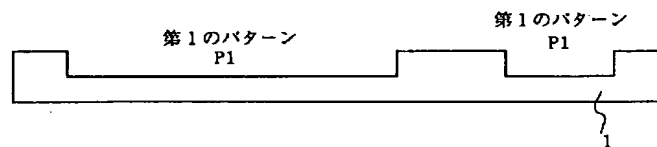
(1) 電子線レジスト塗布



【図49】

実施の形態例7の工程

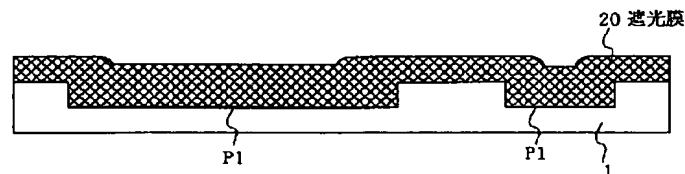
(2) ガラス基体エッチング、レジスト剥離



【図50】

実施の形態例7の工程

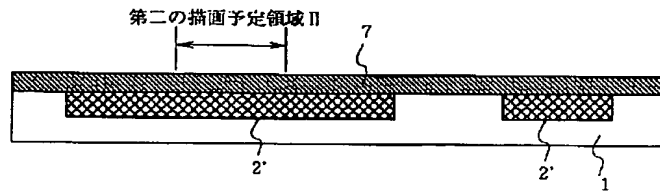
(3) 遮光膜形成





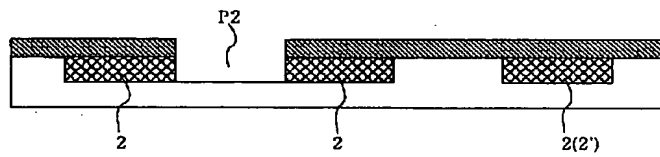
【図52】

実施の形態例7の工程  
(5) 電子線レジスト塗布



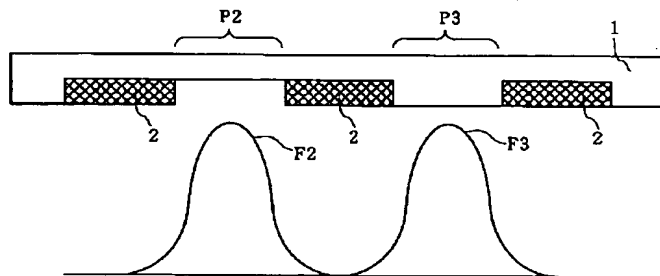
【図53】

実施の形態例7の工程  
(6) 遮光材料膜エッチング



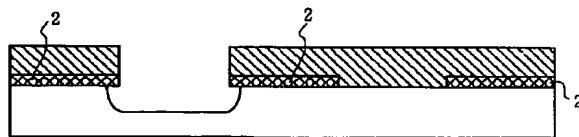
【図54】

実施の形態例6の位相シフトマスクの作用説明



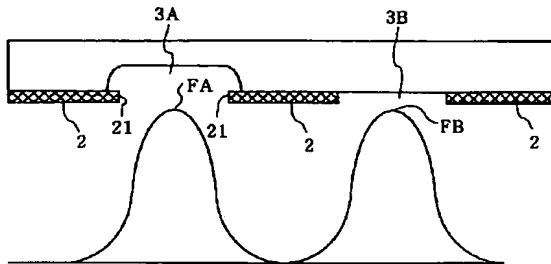
【図62】

従来技術の工程  
(6) ガラス基体エッチング



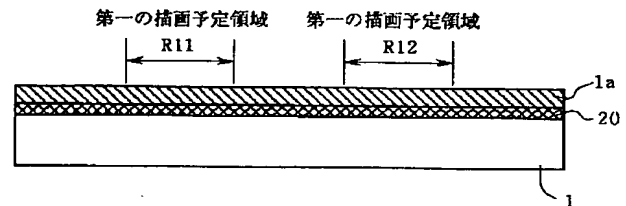
【図56】

従来技術及びその問題点



【図57】

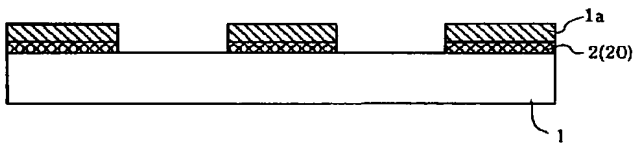
従来技術の工程

(1) 遮光膜形成  
電子線レジスト塗布

【図58】

従来技術の工程

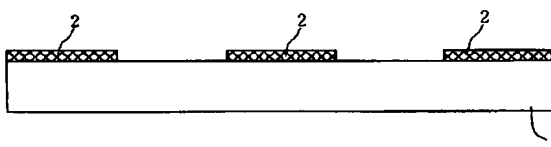
(2) 遮光膜をエッチング



【図59】

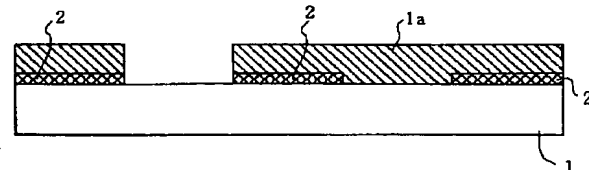
従来技術の工程

(3) レジスト剥離



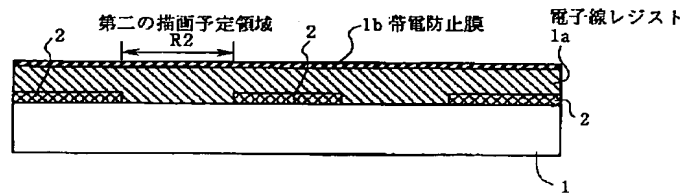
【図61】

従来技術の工程

(5) ガラス基体エッチング、  
領域開口

【図60】

従来技術の工程

(4) 電子線レジスト塗布  
帯電防止膜塗布

【図63】

従来技術の工程

(7) レジスト除去

